

الفصل الثامن

علم الأجنة

تمهيد

يبدأ أفراد حياته كخلية واحدة هي البويضة الملقحة Fertilized egg (الزيجوت zygote) وهو اسم يدل على أن البويضة الملقحة لها نشأة مزدوجة فهي عبارة عن الحيوان المنوي الذي يتكون في خصية الذكر والبويضة تتكون في مبيض الأنثى وبتحاد هاتين الخليتين التتاسليتين تتم عملية الإخصاب Fertilization وينتج عنها الزيجوت Zygote الذي يعتبر الخلية الجسمية Somatic cell الأولى في بناء الفرد الجديد. هذه هي الطريقة العامة في طريقة تكوين الجنين في قبيلة الفقاريات وهذا هو التكاثر الجنسي في الحبيبات.

علم الأجنة: Embryology

هو دراسة دورة حياة الفرد من الإخصاب حتى التضع الجنسي ولكن بعض العلماء يفسرون علم الأجنة على أنه دراسة التكوين الجنيني لغاية الفقس والولادة و يتضمن علم الأجنة دراسة مراحل النمو والتكوين والتميز Growth, Development and Differentiation التي تتم في الكائن الحي منذ النشأة الأولى (الزيجوت) إلى أن يصبح الحيوان كامل التكوين معقد التركيب شبيه الأيون، ناضج جنسياً.

كلمة الجنين: Embryo

يشار إلى دراسة المراحل الجنينية في الحيوان داخل البويضة قبل وبعد الفقس أو الولادة، وفيما يختص بمعنى الجنين يستخدم معنيين مختلفين:

(١) يشار إلى عمليات التحول التي تختص بإخصاب البويضة ومرور هذه البويضة المخصبة من المراحل الأولية إلى المراحل كاملة التضع وتكوين أفراد جديدة وتسمى هذه بظاهرة التطور والنشوء Ontogenetic Development.

(٢) أما الظاهرة الثانية وهي التطور فتتبع لسبب الأجيال، وتحولها من شكل إلى آخر Phylogenetic development.

وبذلك يكن تعريف علم الأجنة بأنه دراسة التطور الجنيني لحيوانات عديدة الخلايا من الإخصاب حتى النضج الجنسي.

Define embryology as the study of the ontogenetic development organisms.

ويتم الإخصاب عن طريق اتحاد الحيوان المنوي Spermatozoon من الذكر مع البويضة mature ovum من الأنثى وينتج الزيجوت Zygote عن طريق التكاثر الجنسي Sexual reproduction والزيجوت يعتبر الخلية الأولى في بناء الكائن الحي ويحتوي على العدد الزوجي من الكروموسومات

مبادئ علم الوراثة الخلوية و الأنسجة والأجنة

Diploid numbers حيث يأتي نصف العدد الكروموسومي والحيوان المتوى يحتويان على نصف العدد الكروموسومي وبالتحديد يعطيان العدد الزوجي Diploid number الموجود بالزيجوت والذي يستمر في النمو حتى يصبح كائنات كاملة النمو والتكوين تشبه أبويهما.

وبذلك تكون بورة حياة الكائن الحي الذي يتكاثر بالطريقة الجنسية تبدأ بتكوين الأمشاج Gametes ويتضمن هذه العملية انقساماً إختزالياً Reduction division يؤدي إلى إختزال عدد الكروموسومات (الصيغيات) في الخلية الناتجة إلى نصف العدد المميز النوع بعكس الخلايا الجسمية Somatic cells والتي تحتوي على العدد الزوجي من الكروموسومات في الخلية الأصلية والمميز لنوع الحيوان.

لمحة تاريخية لعلم الأجنة

Historical review of the main trends of thought in embryology

يرجع علم الأجنة في دراسته القديمة إلى العالم أرسطو (٣٢٢-٣٨٤ ق.م) الذي أجرى دراسته على جنين الدجاجة مستعيناً بالعين المجردة وفي سنة ٣٤٠ ق.م كان أول من وصف النمو الجنيني للدجاجة ووضح في وصفه أن أول عضو يتشأ هو القلب ثم الأجزاء الأخرى التي تتكون حول الأوعية الدموية. وسمى هذه العملية بعملية التكوين التراكمي Epigenesis وظهرت في هذه النظرية لكل من هارفي ١٥٧٨، فاير شياص ١٥٣٧.

ومع ظهور المجهر ظهرت نظرية جديدة هي نظرية التكوين المسبق Preformation وقد أوضح مالبيجي Malpighi theory عام ١٦٧٣ بأنه رأى جنيناً صغيراً كاملاً لدجاجة في البيضة غير المحضنة. ولذا فإن نظرية التكوين ما هي إلا عملية التكوين الجنيني أي النمو الجنيني وأمداد أجزائه وزيادة كثافتها وقد لاقت هذه النظرية قبولا واسعا.

وفي عام ١٦٧٧ اكتشف رهام وليهوك نطفة السائل المتوى فكان الظن بداية الأمر أنها طفيليات. وقد اقترح بأنه يحمل صفات الجنين بدلا من البيضة.

ولقد ظهرت نظرية جديدة تمثلت جديدة تحويرا للفكرة الأساسية لنظرية التكوين السابقة وهي نظرية التكبيس embolment or encasement وتتضمن هذه النظرية على أن أفراد الأجيال المتعاقبة تحفظ في الخلايا الجنسية للأب الواحد داخل الآخر وكان رائدا هذه النظرية هما العالم سومرايم وبولت عام ١٧٢٠م.

لقد لوحظ بوفن Buffon ١٧٦٠ بدراسة عدد كبير من البويضات على فترات مختلفة من الحضنة أنه اقترح بأن جنين الدجاجة موجودة في مركز البيضة منذ خروجها من جسم الدجاجة.

وفي عام ١٨٢٨ نشر فون بيرفي كتابه الموسم قانون الذي يتضمن على أن المظاهر العامة التي تشبع في كل أعضاء المجموعة من الحيوانات تظهر في الجنين في وقت مبكر من وقت ظهور الصفات الأكثر

تخصصا كظهور الحبل الظهري والجهاز العصبي المركزي قبل ظهور بعض الصفات المختلفة كما للزغائف في الأسماك والريش في الطيور والشعر في الثدييات. وتضمن وصف العالم أرسطو جنين النجاش ضرورية وجوده روح غير مادية توجه عمليات التمايز والنمو المعقدة والتي تسمى بالقوة الحيوية التي اقترحها ولف ١٧٥٩م.

أهم المجالات المتخصصة لعلم الأجنة

- علم الأجنة الوصفي Descriptive embryology

يتطرق هذا العلم إلى المراقبة والوصف دون التدخل في العمليات الحيوية الداخلية وربط عمليات النمو بالظروف البيئية المتغيرة في كل مرحلة من النمو خصوصا الأسماك.

- علم الأجنة المقارن Comparative embryology

وقد تطرق هذا العلم إلى مقارنة أجنة الأنواع المختلفة ببعضها البعض ومحاولة إيجاد العلاقة أو المواقع التصنيفية للكثير منها. وقد ساعد هذا العلم على فهم التكوين الجنيني للكثير منها وتفسير كثير من الفروقات في مراحل النمو الجنيني للإنسان.

- علم الأجنة التجريبي Experimental embryology

وهو العلم الذي يعتمد فيه الباحث على إجراء التجارب العلمية في المعمل وإحداثها على الخلية أو الجنين وعلى المشاهدة وتحليل النتائج وقد بدأ هذا العلم بتجربة من العالم ولهم روكس Wilhelm Roux الذي حاول حسم الخلاف بين مؤيدي نظريتي التكوين المسبق والتكوين التراكمي. فقد قتل العالم روكس إحدى الخليتين الناتجتين عن انقسام البويضة المخصبة الضفدعة بكيها بأبرة ساخنة إلى درجة الاحمرار. وبهذا التجربة أمكن إثبات أي النظريتين أصح نظرية لتكوين التراكمي أو التكوين المسبق.

- فإذا كانت نظرية التكوين التراكمي صحيحة فسنحصل على جنين كامل وإن كان صغير الحجم.

- أما إذا كانت نظرية التكوين المسبق صحيحة فسنحصل على جنين مشوه أو ناقص وهو ما حصل عليه العالم رو. وقد اعتبر العالم رو هذه النتيجة دليلا عمليا صحيحا على صحة هذه النظرية واقترح وسمى هذه النظرية بالنظرية الفسفساقية Mosaic theory.

ولقد ظهر فيما بعد عملية كي أو قتل الخلية تأثير على عملية التكوين الجنيني للخلية بحيث جاء مشوها. ولهذا فقد تم الحصول على جنينين كاملين صغيرين بعد فصل الخليتين الناتجتين عن أول انقسام لبويضة مخصبة فصلا تاما.

ومن رواد علم الأجنة التجريبي هو العالم دريش Driesch الذي أوضح في تجربته ١٨٩١ إمكانية نشو جنين كامل لتغذ البحر من كل من الخليتين الناتجتين عن أول انقسام للبويضة المخصبة بعد فصلهما.

Chemical embryology

- علم الأجنة الكيميائي:

يساعد الباحثين في دراسة الجنين من حيث تركيبه وبنائه الأساسية لهذه الجنينات. والكيفية التي يتغير بها المادة الوراثية للبيضة المخصبة على بناء المواد المختلفة ونشاط الجنين عن طريق نشاط الأحماض النووية.

Physiological embryology

- علم الأجنة الفسيولوجي:

يساعد على دراسة التواليف المختلفة للجنين من ناحية عملية الأيض والتنغذية والأخراج والنمو.

- علم الأجنة التحليلي (علم الأجنة المعاصر) Analytical chemistry

وهو يتبع في طريقته المنهج الجديد لعلوم الحياة الذي يتخذ الجينات والأحماض النووية وعملها أساساً لتحليل التفاعلات والحيوية والتفاعلات المختلفة للجنين وأول من تتبع هذا الطريق هو العالم مورجان Morgan في عام 1919 حين وضع الترتيب الخطي للجينات أو المادة الوراثية على الكروموسومات وبالتالي فإن هذه المتغيرات (الجينات) المحمولة على الكروموسومات هي المسئولة عن تحديد الصفات المظهرية والوظيفية للفرد وهذه الجينات هي عبارة عن الأحماض النووية سواء الحامض النووي الدبروكسي ريبونيكك أسيد أو الريبوزي نيكك أسيد وبعض الإنزيمات.

صور مراحل التكوين للخلايا الجنسية:

من الواضح أن هناك عمليات وتطورات أساسية يمر بها الكائن الحي لمختلف الحيوانات ليكون فرداً جديداً. وهذه العمليات تبدأ من قبل عملية الإخصاب للبويضة، وهي تشمل عملية تكوين كل من الحيوان المنوي والبويضة وتسمى هذه العملية بعملية تكوين الأمشاج Gametogenesis في كل منهما تنشأ هذه الخلايا بطريقة واحدة باستثناء بعض اللاقناريات ويمكن توضيح التغيرات والنحورات لإنتاج الخلايا الجنسية الذكورية منها والأنثوية.

(١) التكاثر: Reproduction

- حيث تنقسم خلايا الخلية البدائية لتقسمات متتالية بالإقسام الغير مباشر مانحة أعداد كثيرة من الخلايا الجنسية.

- أمهات المعنى في الحيوان المنوي وفي الأنثى تسمى عائلات أمهات البيض وبمجرد من وقوف بعض هذه الخلايا عن الإقسام تدخل في مرحلة أخرى.

(٢) النمو: Growth

وهذه المرحلة تخصص بغذاء خلايا أمهات المني أو أمهات البويض وتنغذى الأولى بواسطة خلايا مرنولية وهي خلايا كبيرة بجوار خلايا أمهات المني وتكوين ما يسمى بخلية منوية ابتدائية Primary spermatocyte ، الثانية تنغذى بواسطة الخلايا الحويصلية المحيطة بالخلية البويضية الأولية والتي تسمى Primary oocyte.

(٣) النضج: Maturation

عند تمام نضج الخلية المنوية الابتدائية أو البويضية الابتدائية تدخل في مرحلتى الانقسام الاختزالي الأول والثاني.

وتؤدي إلى اختزال عدد الكروموسومات في الخليتين الناتجتين إلى النصف وهي خلية المنوية (النطيفة) الثانوية Secondary spermatocyte أو البويضية الثانوية ، وسرعان ما تمر هذه الخلايا بالمرحلة الثانية من الانقسام الاختزالي الثاني حول المرور بطور نمو لتنتج أربعة خلايا جرثومية هي الطلائع المنوية. أو حوصلة جراب في البيض لتعطي البويضة الناضجة ثم تتطور هذه الخلايا المنوية إلى الطلائع المنوية ثم إلى حيوانات منوية في الذكر أو بويضات ناضجة في الأنثى.

الأمشاج نوعين : ذكرية - أنثوية:

والتحاد الخلية الذكرية (النطفة) Spermatozoa بالبويضة Ovum تعرف هذه العملية بالاختصاص للكون البويضة المخصصة أو الزيجوت zygote والذي يحتوى على العدد الزوجي للكروموسومات Diploid number وتمر البويضة المخصصة (الجنين) بمراحل مختلفة من الانقسامات المتتالية التي تؤدي إلى تكوين كرة مصمتة من الخلايا تسمى التوتية morula ثم تتحول هذه الكرة إلى كرة جوفاء من الخلايا تسمى بالمقلحة blastula ويعرف تجويفها بتجويف المقلحة blastocoel ثم يتحول هذا الجنين إلى تركيب ثلاثي الطبقات يسمى بالطبقة Gastrula والتي تحتوى بداخلها على تجويف يسمى بتجويف الطبقة Gastrocoel أو المعى البدائي Archenteron وتسمى عملية التحول هذه من المقلحة إلى الطبقة بعملية التطير Gastrulation وفي هذه المرحلة تحتوى الطبقة على الطبقات الجرثومية الثلاثة يمر الجنين بعد ذلك إلى مرحلة تكوين الأعضاء.

فتتميز الطبقات الجرثومية الثلاثة إلى أجزاء صغيرة والتي تأخذ اتجاهات مختلفة لتتحد مصير كل جزء منها يتكون عضو معين. ويظهر بدايات الأعضاء ويصبح ثلثين شبيها بالحيوان البالغ ثم يبدأ في النمو والتعريف ليتحدد حجم وشكل الأوبون.

تتغير البويضات في بعض الأنواع كائن يختلف عن البالغ مظهرها ويسمى اليرقة Larva حيث تكون قادرة على الحصول على الطعام ثم تتحول اليرقة إلى الشكل البالغ بعملية تعرف بالتحول الشكلي.

مبادئ علم الوراثة الخلوية و الأنسجة والأجنة

metamorphosis وخلال هذه العملية تتفقد اليرقة تركيب كثيرة تستخدم في الطعام والانتقال ولكنها لا تؤدي وظيفة كبيرة عند البلوغ وتنتشر هذه الظاهرة في الحيوانات التي تضع بيوضاً صغيرة قليلة المح. ويمكن توضيح عملية التكوين الجنيني بأنها سلسلة من الانقسامات والتطورات المستمرة حيث أنها يمكن أن تتكون من عدة مراحل مختلفة هي:

- | | |
|-------------------------|----------------------------------|
| Formation of sex cells | (١) مراحل تكوين الخلايا الجنسية |
| Fertilization | (٢) الإخصاب |
| Cleavage & Segmentation | (٣) التقطيع والانقسام |
| Gastrulation | (٤) مرحلة التطور |
| Organogenesis | (٥) مرحلة تكوين الأعضاء |
| Posthatching | (٦) مرحلة خروج الجنين إلى الحياة |
- من البويضات كما في حالة بعض الأسماك والبرمائيات والطيور والزواحف والولادة في حالة معظم الثدييات.
- (٧) عملية النضوج الجنسي للفرد Sexual maturity التي تنتهي بحيوانات ناضجة جنسياً من ذكور وإناث يتزوجون مرة أخرى لإنتاج أجيال أخرى متتالية.

تكوين الأمشاج Gametogenesis

تمثل عملية تكوين الأمشاج الخطوة الأولى في التكاثر الجنسي Sexual Reproduction حيث تنحوى هذه الخلايا الجنسية على نصف العدد الكروموسومى (التسبغى) المميز للنوع وتعرف الخلايا الجنسية الذكرية بالحيوان المنوى (للطف) Sperm والخلايا الجرثومية الإثوية الناضجة بالبويض Ova وتسمى العمليتين اللتين يؤدىان إلى نشو أو تكوين البويض Oogenesis وتكوين الحيوان المنوى (الطف) Spermatogenesis وهاتان العمليتان متشابهتان تماماً رغم إختلافات المظهرية بين نواتجهما فكلاهما يبدأ بمرحلة التكاثر للخلايا الجرثومية الأولية، مروراً بالإنقسام الإختزالى وطور النمو والنضج ويتم إنتاج الحيوانات المنوية داخل خصية الذكور والبويضات من المبيض فى الإناث .

أصل الخلايا الجرثومية: Origin of germ cells

يعتقد كثير من علماء الأجنة أن الخلايا الجرثومية الأولية تكون الأمشاج فقط أما الخلايا الجسمية Somatic cells للعدد التناسلية مثل خلايا سرنولى فى الخصى والخلايا الحويصلية فى المبايض تنشأ من الميزوديوم. ومن القاتبات أن الخلايا الجرثومية تنشأ بوضع مختلف عن بقية الخلايا فى الحرف الجرثومى Germinal ridge والذي يكون الغدد التناسلية والتي تنشأ فى أجزاء من الجنين بعيداً عن هذا الحرف ثم تهاجر لتستقر فيه. ولهذا كفى الاعتقاد السابق أن الخلايا الجرثومية الأولية لا تظهر إلا فى وقت متأخر أثناء النمو الجنينى أى بعد أن تتكون المتناسل حيث توجد هذه الخلايا. وقد تبين حديثاً أن الخلايا الجرثومية الأولية تظهر فى وقت مبكر جداً أثناء نمو الجنين وحتى قبل أن يعرف بعد أن كان ذكراً أم أنثى وقد وجد أن مدة الحمل فى الفار الصغير mice هي ١٩-٢٠ يوماً والفار الكبير Rat تصل إلى ٢١-٢٢ يوماً والأرانب من ٣٠-٣٢ يوماً.

ويتضح فى قول الله تعالى فى كتابه العزيز فى سورة الشورى الجزء الخامس والعشرون (٤٨) * ثم خلق السموات والأرض بخلق ما يشاء يوم خلق السموات والأرض ما يشاء يوم خلق السموات والأرض ما يشاء * أو يزوجهم مطهراتاً وناثاتاً ويجعل من يشاء عاقلاً إنه علمه خبير*.

وفى سورة أخرى يتضح فيه قدرة الله فى أن يهب من يشاء الإنث فى سورة آل عمران الجزء الثالث (٦) * هو الذى يسوركم فى الأرحام لحبته يشاء لا اله الا هو العزيز المتعبد* وفى سورة الرعد الجزء الثالث عشر (٨)

* الله يعلم ما تعمل لئلا تفتنى وما تمنى الأرحام وما ترحموا وحل خطي لحده بمقدار*

مبادئ علم الوراثة الخلوية و الأنسجة والأجنة

وبين الله تعالى التقدير في آياته للكرامة في سورة الحج الجزء السابع عشر (٤)

* وأما الناس إن ضللتهم في دينهم من بعدهم فلما خلقناهم من ترابهم ثم من نطفة ثم من علقه ثم من مضغة ونهر مضغة لتبين لهم ويرى في الأرحام ما نهى إلى أجل مسمى ثم نخرجهم طفلاً ثم لنبلغوا أعمارهم ومنهم من يتوفى ومنهم من يرد إلى أرحامهم.

وفي سورة أخرى من كتاب الله عز وجل يوضح فيه المراحل المختلفة لتكوين الجنين في رحم الأم وفي قوله عز وجل في سورة المؤمنون الجزء الثامن عشر (١١)

* وأما خلقنا الإنسان من سلالة من طين * ثم جعلناه نطفة في قرار مكين * ثم خلقنا النطفة علقة فخلقنا العلقة مضغة فخلقنا المضغة عظاماً فشمسوها العظام لعظام ثم ادعانا خلقاً آخر فتبارك الله أحسن الخالقين *

وفي سورة أخرى من كتاب الله في قول الله تعالى في سورة طه الجزء الرابع والعشرون (٦٧)

* هو الذي خلقكم من تراب ثم من نطفة ثم من علقة ثم يخرجكم خلقاً ثم يخرجكم خلقاً ثم لنبلغوا أعمارهم ثم لنفوتوا شيوخاً ومنهم من يتوفى من قبل ولنبلغوا أجلاً مسمى ولعلكم تعقلون.

وان الخلايا الجرثومية تتميز داخل الجدار الداخلي لعنق كيس المص شكل (٨-١) ثم تهاجر منه إلى المناسل في وقت يكون فيه المنسل عبارة عن بروز صغير يعرف باسم العرف الجرثومي Germinal ridge ويكون هذا العرف الجرثومي ملاصقاً تماماً للكلية الأولية للجنين حيث كان جزءاً منه ثم انفصل تدريجياً كما موضح في شكل (٨-١).

ومع استمرار النمو الجنيني يزداد العرف الجرثومي في النمو إلى أن يفصل تماماً عن الكلية الجنينية ويزداد عند الخلايا الجنسية المهاجرة إليه ويتحول إلى كيس وقشره خارجية سمكة Cortex ولب medulla تنتشر بداخله أحيال جنسية ابتدائية primitive sex cords ويعرف بالطور غير محدّد المنسل indifferent gonad شكل (٨-١) وان قدر أن يكون هذا الجنين ذكراً فيحدث زيادة في عدد الأحيال الجنسية الأولية وتملأ لب تماماً وتقل القشرة وتحول الأحيال الجنسية الأولية إلى الأنبيبيات المنوية Seminiferous Tubules وتحول الخلايا الجنسية الأولية إلى مولدات المنى وهي المرحلة الأولى لتكوين الحيوانات المنوية وتكون الخصية. وتظل مولدات المنى Spermatogonia ساكنة خلال فترة الجنينية وحتى بعد خروج الجنين إلى الحياة حتى يصل إلى مرحلة التضج الجنسي عند ذلك تخرج هذه الخلايا من مرحلة السكون إلى سلسلة من الإنقسامات الخلوية الغير مباشرة والإختزالية حتى تكون الحيوانات المنوية.

وان قدر لهذا الجنين أن يكون إناثاً فإن سمك القشرة يزداد في الحجم ويتبعه ضمور في اللب وترحف خلايا القشرة إلى الداخل حتى تملأ تجويف المنسل تماماً وتحول الخلايا الجنسية الأولية إلى نوع من الخلايا يعرف باسم أمهات البيض oogenia التي تعتبر الطور الأول في مرحلة تكوين البويضات وتكوين المبيض. وتعرف هذه العملية السابقة بعملية التمييز الجنسي للأجنة قبل الولادة شكل (٨-٢).

وفي خلال هذه العملية تمر كل من البويضة والحيوان المنوي بسلسلة من الإنقسامات والتمييز حتى يتكون كل منها وهذه السلسلة هي:

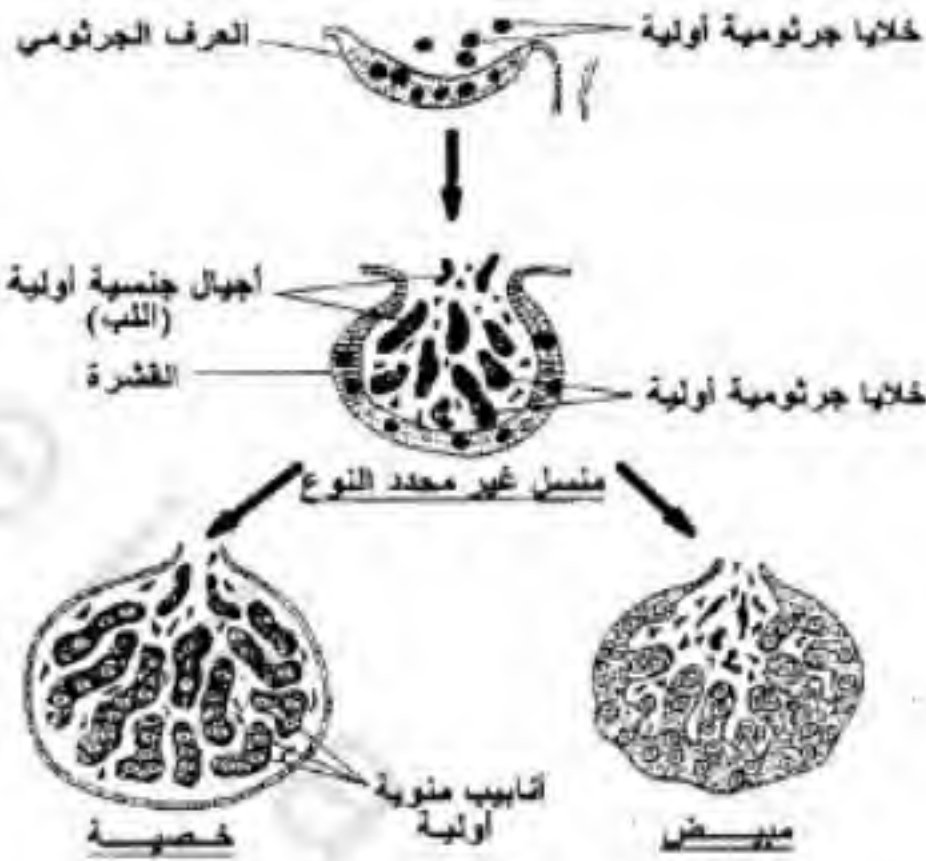
مبادئ علم الوراثة الخلوية و الأنسجة والأجنة

الانقسام الغير مباشر. Mitosis

والانقسام الاختزالي. Meiosis

وبعد تكوين كل من البويضة والحيوان المنوي يتم اتحادهما ويتكون الزيجوت حيث أن كل منهما يحتوى على نصف عدد الكروموسومات Haploid No ويكتمل هذا العدد Diploid No بإتحاد البويضة والحيوان المنوي ويمثل العدد الزوجي diploid No. 2N فمثلاً: العدد الزوجي لكروموسومات الإنسان 46 كروموسوم منهم 22 زوج يسمى autosomes + زوج من الكروموسومات الجنسية Sex chromosomes والذي يطلق عليه XX في حالة الإنثى، XY في حالة الذكر.

ويتوقف جنس الجنين على نوع الحيوان المنوي الذى يلقح البويضة فإذا كان Y يتحد مع X بويضة فيكون الناتج ذكراً. وإذا كان X يتحد مع بويضة فيكون الناتج أنثى .



شكل () خطوات التميز الجنسي وكيفية تكوين المبيض أو الخصية.



الخلايا الجنسية الأولية
تتميز في اندوديرم علق كيس المص
رسم تخطيطي لقطاع خلال منتصف الجسم في جنين حيوان فقاري
يوضح نشأة الخلايا الجنسية الأولية في إندوديرم الكيس المسمى
والتي تهاجر منه إلى المناسل النامية

شكل رقم (٨-١)

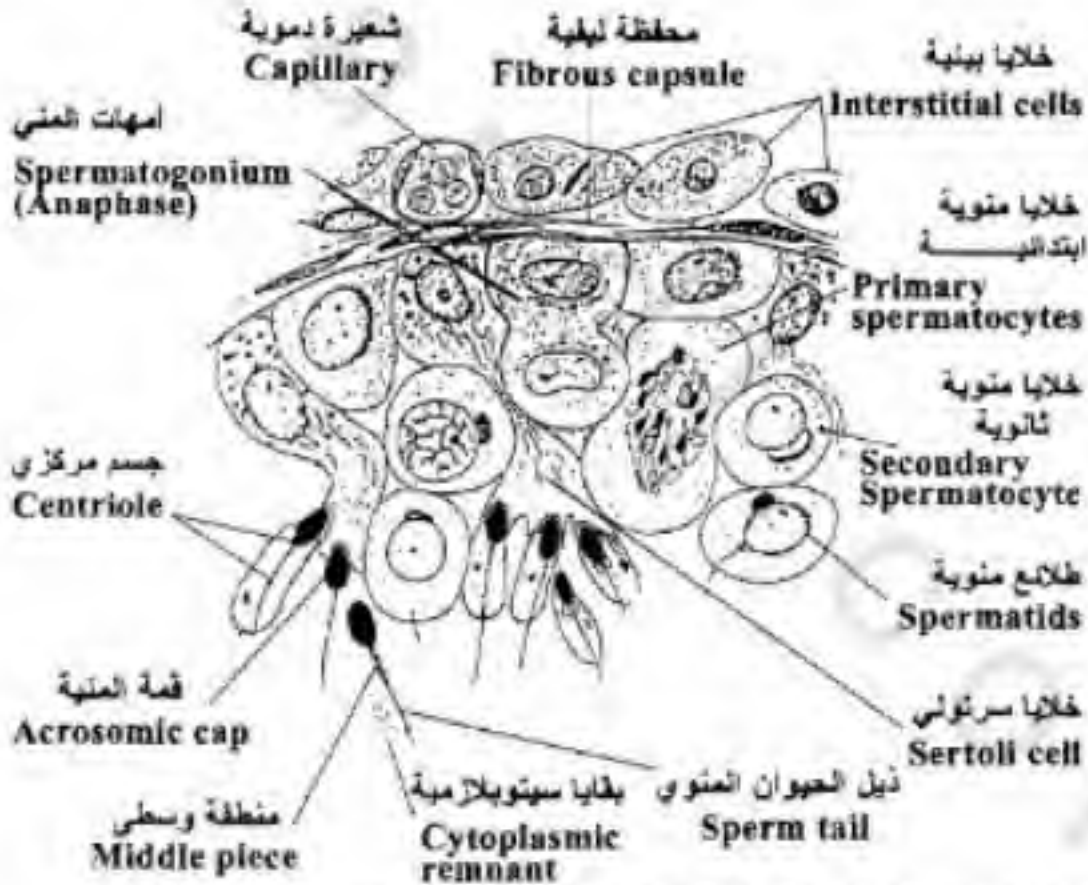
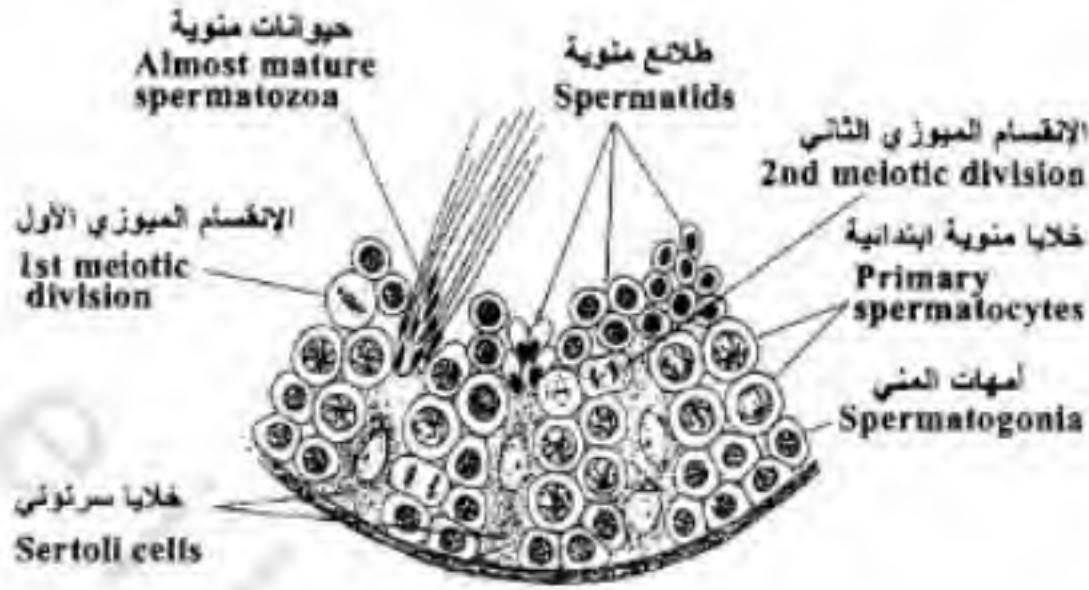


Diagram of a portion of the wall of a seminiferous tubule.

رسم توضيحي لجدار الأنبوية المنوية

شكل رقم (٨-٢)

تكوين الحيوانات المنوية Spermatogenesis

تتكون الجاميطات الذكورية (الحيوانات المنوية) في خصية الذكر داخل الأنابيب الملفوفة داخل الخصية والتي تعرف باسم الأنابيبات المنوية Seminiferous Tubules وتنشأ الخلايا الجرثومية الأولية في الأطوار المبكرة من النمو الجنيني ثم تهاجر إلى القرب التاملي الذي وصف من قبل genital ridge حيث تعمل هذه الخلايا على تكوين الأنابيبات المنوية ثم الخلايا الجنسية الذكورية أو مولدات المنى Spermatogonia وهي المسئولة عن تكوين الحيوان المنوي فعندما يصل الحيوان الفقاري إلى مرحلة البلوغ أو النضج الجنسي يبدأ هذه الخلايا في التحول إلى حيوانات منوية داخل الأنابيبات المنوية ولا تتحول هذه الخلايا الجنسية مرة واحدة إلى حيوانات منوية بل على شكل مجموعات وعلى فترات متتالية كما إن هناك انقسامات متتالية ودائمة ومستمرة لمولدات المنى وذلك لإنتاج أعداد كثيرة.

وعملية تكوين الحيوانات المنوية من مولدات المنى تسير على نمط واحد في معظم أنواع الفقاريات، وتحتوى خصية الفقاريات الناضجة على عدد كبير من الأنابيبات المنوية والتي تحلط بنسيج أبيض مرن يسمى الغلالة البيضاء Tunica Albuginea وعند دراسة القطاع العرضي للخصية ودراسة إحدى هذه الأنابيبات المنوية فنجد أنها تبدأ بالطلائية الجرثومية germinal epithelium ثم مولدات المنى Spermatogonia في أطوار مختلفة من الانقسام الغير مباشر وذلك لإنتاج أعداد كبيرة من مولدات المنى. ومصير هذه الخلايا هما كالتين:

- (١) أن تستمر مولدات المنى في الانقسام لتعطي مولدات أخرى تعرض ما تحول إلى حيوانات منوية.
- (٢) أو أن تتوقف عن الانقسام لفترة قصيرة وتنمو ويصبح حجمها أكبر قليلا من مولدات المنى وتعرف هذه الخلايا بالخلية المنوية الابتدائية Primary spermatocytes.

وكلا المسارين يسيران جنباً إلى جنب وعندما تتحول هذه الخلايا إلى خلية منوية ابتدائية تبدأ الأخير في أن تنقسم انقساماً اختزالياً لتكوين خليتين منويتين ثانويتين Secondary spermatocytes كما في شكل (٨-٢) وبعد فترة قصيرة تنقسم الخلية المنوية الثانوية انقساماً آخر تنقسم فيه الكروموسومات إلى كروماتيدين أو إلى خليتين أصغر حجماً تسمى بالطلائع المنوية spermatids والتي تحتوى على نصف العدد الزوجي الموجود في الخلية الأصلية Haploid number. وبذلك تنشأ أربعة خلايا من الطلائع المنوية من خلية واحدة. وتتطور هذه الطلائع المنوية إلى جاميطة مذكرة تعرف باسم الحيوان المنوي Spermatozoon ويوجد بين الخلايا المنوية أو أمهات المنى Spermatogonia خلايا أخرى مرتولى Sertoli cells حيث تلعب دوراً هاماً في تغذية الخلايا المنوية والحيوانات المنوية وحماية الخلايا الجنسية من المؤثرات الخارجية أو الداخلية أثناء وجودها في الأنابيبات المنوية.

ويوجد نسيج ضام يسمى النسيج البيني Interstitial tissues والذي يعزو إلى ظهور الصفات الجنسية الثانوية الذكورية نظراً لإفراز هرمون خاص تفرزه هذه الخلايا بالإضافة إلى أن الأنابيبات المنوية أيضاً تفرز هذا الهرمون.

وهناك عدة مراحل تمر بها الخلايا المنوية حتى تتحول إلى حيوان منوي وهي:

- مرحلة التكاثر Multiplication

وفيها تنقسم الخلايا الجرثومية germ cells المكونة لجذر الانثوية المنوية لتعطي أمهات المنى spermatogenesis والتي تحتفظ بالشكل الكروي والصغيرة الحجم، ومصير هذه الخلايا: أما أن تستمر في النمو وتزيد في الحجم وتتوقف عند الإنقسام لفترة وتعطي الخلية المنوية الابتدائية كما ذكر سابقا. أما أنها تستمر هذه الخلايا في الإنقسام لتعطي مولات منى أخرى.

مرحلة النمو: Growth

بعد فترة وجيزة من انقسام خلايا أمهات المنى تتوقف بعض هذه الخلايا وتزداد في الحجم والنمو وتحرك نحو مركز الانثوية المنوية وتسمى هذه الخلايا الجديدة بالخلية المنوية الابتدائية primary spermatocytes شكل (٨-٢).

مرحلة النضج: Maturation

وفي هذه المرحلة من النمو الجنيني يحدث أن تنقسم الخلية المنوية الابتدائية لنفسا اختزاليا لتعطي خليتين منويتين ثلويتين تحتوي كل منهما على نصف العدد الكروموسومي الموجود في خلية الأصلية Haploid no وهذه الخلايا أصغر من الخلية المنوية الابتدائية ثم تنقسم الخلية المنوية الثلوية لنفسا غير مباشر Mitosis لتعطي خليتين منويتين تسمى بالطلائع المنوية spermatids وهي صغيرة جدا أصغر من الثلوية وبذلك فإن كل خلية منوية من أمهات المنى تعطي أربعة خلايا من الطلائع المنوية. ويحدث تبادل المادة الوراثية بين الكروموسومات في الإنقسام الاختزالي في مرحلة الطور الأولى prophase I والذي يتكون من خمسة مراحل هي الطور المحبب والطور التلوجي والطور الضام والطور التشنى والطور الابتعادى شكل (٨-٢).

وبعد مرحلة تكوين الطلائع المنوية تمر هذه الخلايا بعدة تحورات تكون في نهايتها تكوين الحيوان المنوي وهذه المراحل هي:

وهناك أربعة مراحل لتحول الطلائع المنوية إلى حيوانات منوية كما في شكل (٨-٤، ٨-٦) وهي:

(١) مرحلة جولجي Golgi phase

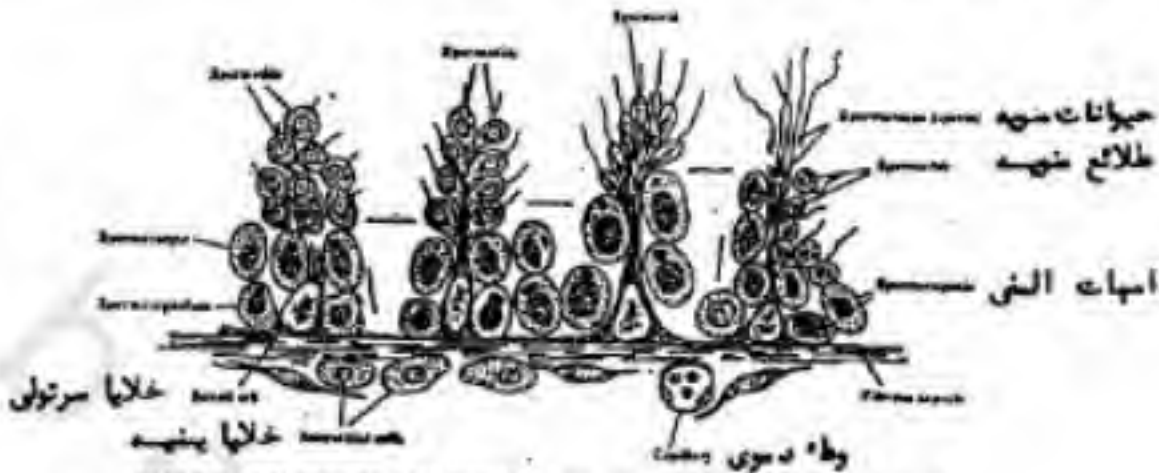
وهي تتميز بوجود حبيبات صغيرة تعرف بحبيبات قمة المنية في داخل أغشية جولجي وهي عبارة عن تجمعات من الفجوات الصغيرة تتحد مع بعضها البعض لتكون فجوة كبيرة تظهر في داخلها حبيبات قمة المنية ويستمر في النمو وتتجمع هذه الحبيبات وتظهر كحبيبة واحدة في داخل فجوة قمة المنية وتسمى بحويصلة قمة المنية عند ذلك Acrosomal vesicle.

(٢) مرحلة الطوق Cap phase

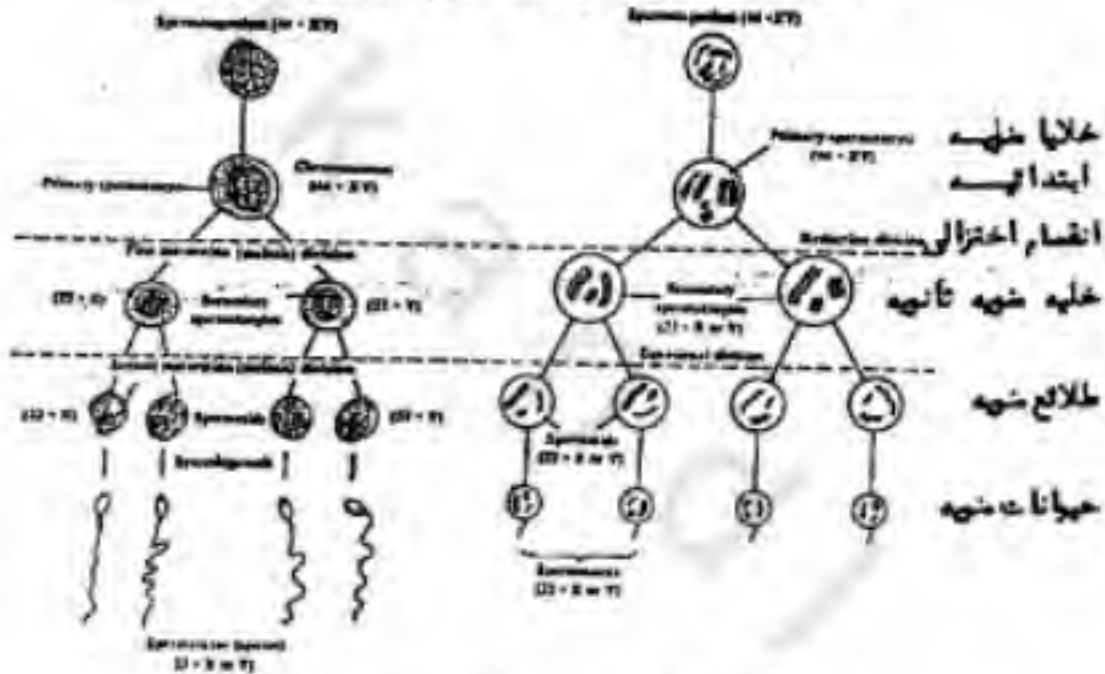
في هذه المرحلة تفقد حوصلة قمة المنية بعض السوائل التي توجد فيها ثم ترتخي وتحيط بالنصف العلوي من نواة الحيوان المنوي وتكون ما يعرف باسم طوق الرأس Head cap. كذلك تتكثف النواة تدريجياً بسبب فقدان كمية من الماء الموجود بالأحماض النووية وبذلك توجد الصبغات الوراثية في حيز ضيق من النواة مما يساعد على تقليل وزن وحجم الحيوان المنوي. أما بالنسبة للأجسام المركزية فإن أحدهما يتحرك نحو القطب الخلفي للنواة ويعرف باسم جسم التمرکز الأمامي proximal centriole والآخر جسم التمرکز الخلفي (البعيد) Distal centriole وهذا يوجد عند قاعدة الذيل. ويتكون الذيل من خيط محوري يعرف Axial filament وهو عبارة عن أليافتين متتصليتين في المركز وتسعة أزواج من الأنايب مرتبة في دائرة على مسافات متساوية حول الأليافتين المركزيتين .

(٣) مرحلة قمة المنية Acrosomal phase

وفيها تتحرك النواة من مركز الخلية إلى الحافة ثم تستطيل وتتقلص حسب نوع الحيوان المنوي المتكون وتتدمج حبيباتها الكروماتينية ثم يبدأ الحيوان المنوي في الاستدارة حول نفسه. أما قمة المنية فهي تأخذ لشكل وأحجام مختلفة حسب نوع الحيوان المنوي ويتجه الجسم الكروماتيدي للنواة نحو الجسم المركزي البعيد حيث يكون شكلاً حلقياً عند قاعدة الذيل مكوناً Ring centriol الجسم المركزي الخلفي. أما الأجسام السباحية الموجودة في السيتوبلازم فإنها تهجر نحو قاعدة الذيل في المنطقة الوسطى مكونة غشاء الأجسام السباحية Mitochondrial sheath الخاصة بالمنطقة الوسطى شكل (٨-٣) .



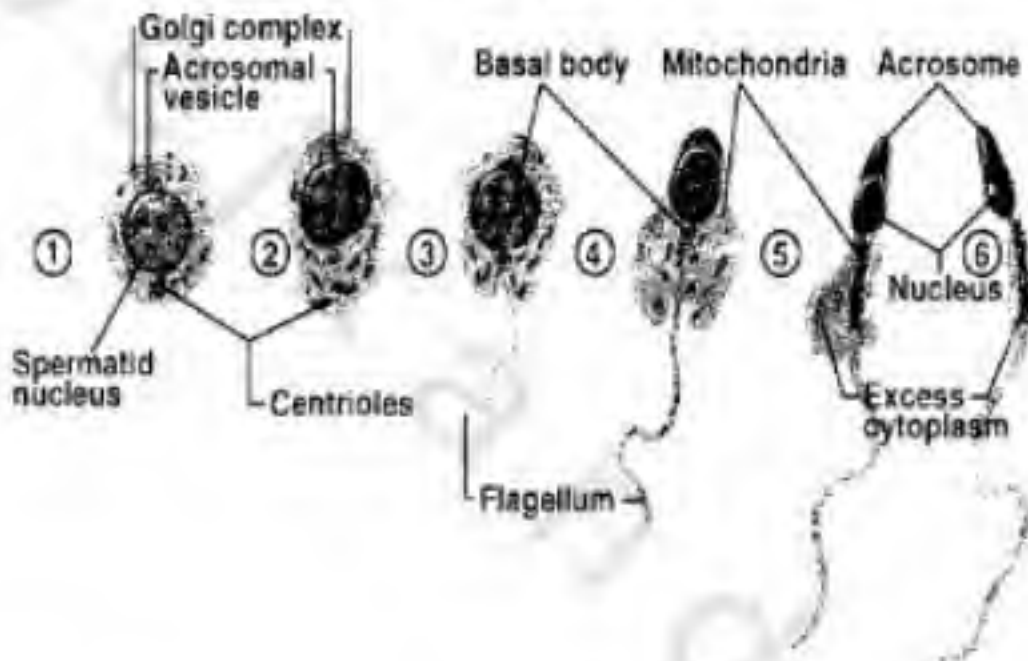
WALL OF SEMINIFEROUS TUBULE: STAGES IN SPERMATOGENESIS
جدار الأنبوب المنوي في أعلى تكون الجدار المنوي



شكل يوضح عملية تكوين الحيوانات المنوية

شكل رقم (٨-٣)

Spermiogenesis



Changes that transform spermatids into spermatozoa

- discarding excess cytoplasm & growing tails

شكل رقم (٨-٤)

(٤) مرحلة النضج Maturation phase

وفيها تتحول الطليعة المنوية إلى حيوان منوي حيث تأخذ النواة وقمة المنية الشكل والوضع النهائي لهما حسب نوع الحيوان وفي هذه المرحلة تحيط قمة المنية بالنصف الأمامي للنواة. وتتحول كل الأجسام الكروماتينية داخل النواة إلى كتلة واحدة متجانسة والخصم المركزي الخلقى يتحرك بعيداً في اتجاه الذيل حيث يحدد نهاية المنطقة المتوسطة للحيوان المنوي وبداية تكوين الذيل. وفي المنطقة الوسطى تتمركز الأجسام السباحية وتتخذ شكلاً حلزونياً شكل (٨-٤ ، ٨-٥) . وفي النهاية يحتوي الميتوبلازم على الريبوسومات والحبيبات الدهنية وأحسام سباحية متحللة وأغشية منفوعة عن جهاز جولجي وهذه الكتلة التي تعرف باسم بقايا ريجود Residual body of regaud تفصل عن الحيوان المنوي وتبقى في تجويف الأنثيينات المنوية أو تقطعاً أنواع من الخلايا تعرف باسم خلايا سرتولي Sertoli cells.

وأثناء مراحل تحورات الطلائع المنوية تكون الطلائع المنوية المكونة ملتصقة بحدار خلايا خاصة تسمى خلايا سرتولي نسبة إلى مكتشفها وهي خلايا حسيمة Somatic cells أي لها تحتوي على العدد الزوجي للكروموسومات وليست مثل بقية الخلايا الجنسية التي تحتوي على العدد الفردي للكروموسومات ويعتقد أن خلايا سرتولي لها أهمية في:

- إمداد الطلائع المنوية والحيوانات المنوية بالمواد الغذائية التي تنقلها إليها وهي خلايا لا تنقسم في الخصية الناضجة.

- وهي لا تتأثر بالاشعاع ولذلك فإنها تقاوم أنواع كثيرة من السموم التي قد تقتل الخلايا الجنسية وأطوارها المختلفة.

- ووظيفتها حماية الخلايا الجنسية من أي مؤثرات خارجية أو داخلية أثناء وجودها في الأنثيينات المنوية.

وأهم أحداث هذا التحور كما في شكل (٨-٤) هي:

- استطالة الطليعة المنوية.
- تحتوي كل طليعة منوية على نقطتين مركزيين Centrioles مع سوط دقيق.
- يتركز المادة الوراثية للموجودة في النواة في المنطقة الأمامية من رأس الطليعة المنوية التي تكون رأس الحيوان المنوي فيما بعد.
- يكون جهاز جولجي الجسم القسي acrosome في الطليعة المنوية ثم الحيوان المنوي. حيث يعمل هذا الجسم على إفراز الزيم الهيباليترونيذ Hyaluronidase والذي يقوم بإذابة غشاء البويضة.
- تتجمع الأحسام السباحية حول المنطقة الوسطى للطليعة المنوية أو الحيوان المنوي فيما بعد.

الحيوان المنوى: Spermatozoon

- وبعد مرحلة النضج تتحول الطليعة المنوية إلى حيوان منوى والذي يختلف شكله من حيوان إلى آخر اختلافًا كبيرًا من حيث الحجم والشكل فقد يبلغ طوله ٠.١٠٥ م في الإنسان أو ٠.٠٢ م في البلاتجلوسس.
 - يحتوي الحيوان المنوى على جزء منسجل من البروتوبلازم والذي يشمل جميع المواد الغذائية للحيوان أي الطاقة المخزونة له. ولذلك فإن طاقته وحيويته تستمر لفترة وجيزة بعدها يصبح غير قادرًا على الإخصاب.
 - تتميز بحيويتها ونشاطها وقدرتها على الحركة داخل السائل المنوى الذي تفرزه الخصية والغدد الملحقة بها.
 - يتحرك الحيوان المنوى في هذا السائل بواسطة الذيل وهو الجزء الخلفي له.
- تركيب الحيوان المنوى:
- الحيوان المنوى لمعظم الفقاريات يتكون من نمط واحد وهو يتكون من ثلاث أجزاء رئيسية هي:

Head

(١) الرأس

- فهو يختلف من حيوان إلى آخر فقد يكون مفلطحًا أو بيضويًا كما في الإنسان أو على شكل سيف مدب نو رأس كما في القنار أو حلزونيًا كما في الطيور والبرمائيات.
- وتحتوي الرأس على النواة وهي المسئولة عن نقل الصفات الوراثية باتحادها مع نواة البويضة وتكوين فردًا جديدًا.
 - وتحتوي الرأس أيضًا على قمة المنية Acrosome والتي تفرز إنزيم الهيباليرينيدز الذي يساعد في عملية ذوبان غشاء البويضة وسهولة دخول الحيوان المنوى داخل جسم البويضة كما في شكل (٨-٥).

Middle piece الجزء المتوسط

- يوجد خلف الرأس مباشرة وهو متغير أما أن يكون قصيرًا أو طويلًا وهو يتكون من مجموعة من الأغشية أو ما تسمى بالأجسام الميلامية Mitochondria التي علاه ما تأخذ شكلًا حلزونيًا في الثدييات.
- ويوجد أيضًا النقطة المركزية وهي أما أن تكون أممية أو خلية أو وسطية وتستخدم في عملية الإنقسام أثناء اتحاد نواة الحيوان المنوى بنواة البويضة ويتكون خيط المغزل ووجود الأجسام الميلامية يعزى إليها
- حركة الحيوان المنوى- إنتاج الطاقة اللازمة للحركة وذلك عن طريق وجود الإنزيمات المؤكدة للمواد الغذائية.

Tail

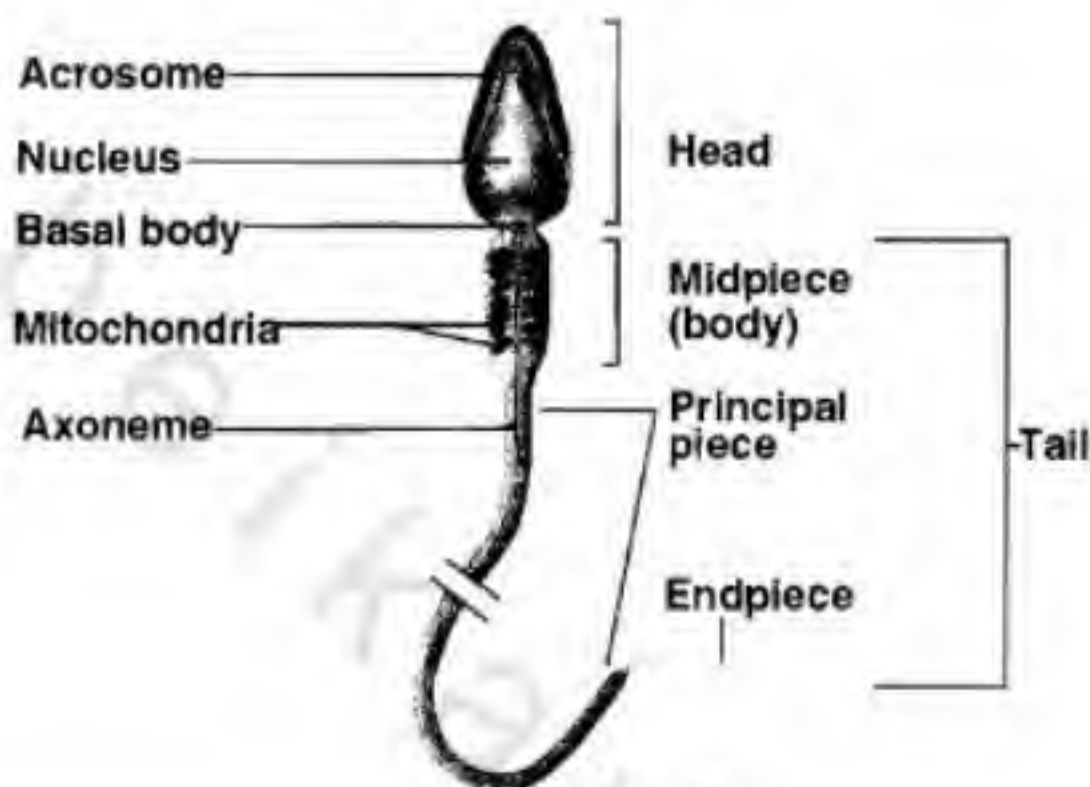
(٣) الذيل

وهو أطول جزء في الحيوان المنوى وبحركته يستطيع الحيوان المنوى أن يتحرك داخل الكتلة المنوية المغلوقة في الجهاز التناسلي للأنثى والتي تحتوي على عدة ملايين ٢٠-٢٠٠ مليون من الحيوانات المنوية تسبح في السائل المنوى التي تفرز كل من الخصية والغدد الملحقة بها، شكل (٨-٥).

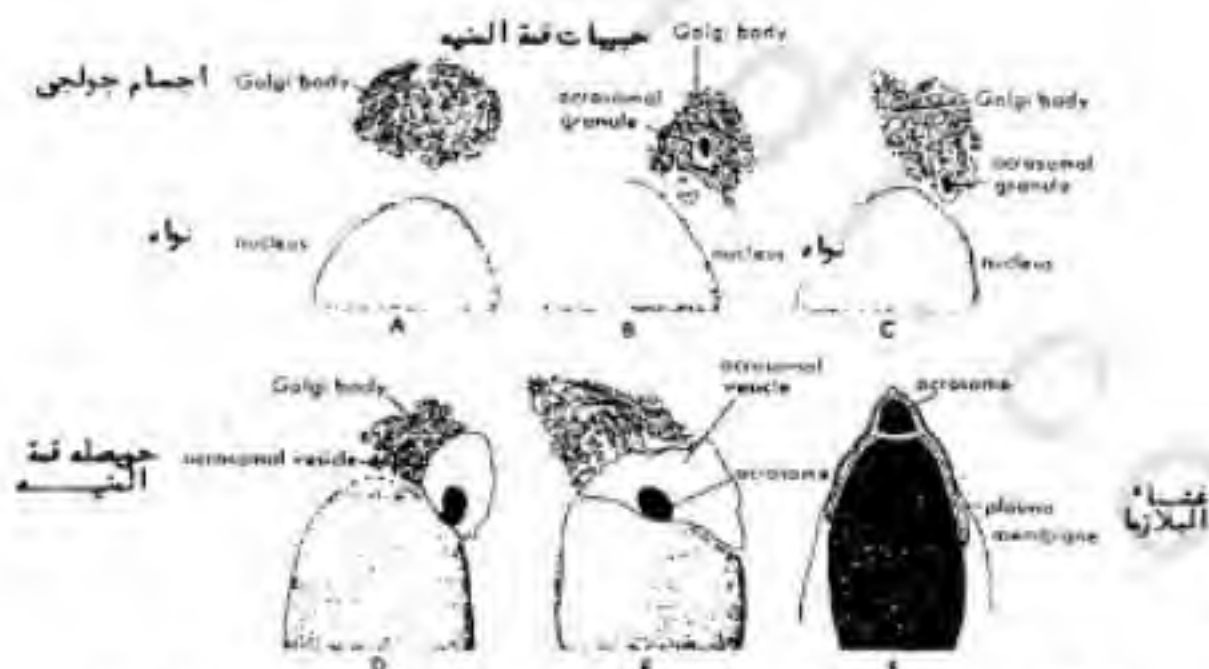
وأهم وظائف الحيوان المنوى هو:

- إخصاب البويضة وذلك عن طريق تلاقى الحيوان المنوى بالبويضة واتحادهما وتكوين الزيجوت.
- الوظيفة الأخرى الميكانيكية فعندما يصل الحيوان المنوى إلى البويضة يحنها على بدء الإنقسام وقد يتم ذلك دون اتحادهما.

Spermatozoon



(B-1) 51



مراحل تطویر و تکوین قمة المنية ورأسها في جهاز جولجي أثناء تكوين الحيوانات المنوية في القط

(5-6) $\frac{2x}{x^2-1}$

مرحلة النضج الوظيفي للحيوان المنوي Physiological Maturation of the sperm

عند اكتمال نمو الحيوان المنوي داخل الخصية لا يكون قد وصل إلى المصور النهائية للنضج سواء في التكوين أو في قدرته على تلقيح البويضة.

وقد وجد أنه يحدث بعض التحورات الفسيولوجية والتركيبية ونتم هذه التحورات في الذكر كالآتي:

عند اكتمال عملية التحور للطلائع المنوية إلى حيوانات منوية تترك هذه الحيوانات المنوية الخصية حيث تمر في أنبوبة غدية في الطول متفة حول نفسها على شكل مضغوط على الخصية مباشرة يعرف باسم Epididymis شكل (٨-٧) وفي معظم الثدييات ينقسم البربخ إلى ثلاثة أجزاء:

(١) الرأس Caput

(٢) الجزء المتوسط أو الجسم Corpus

(٣) الذيل Cauda

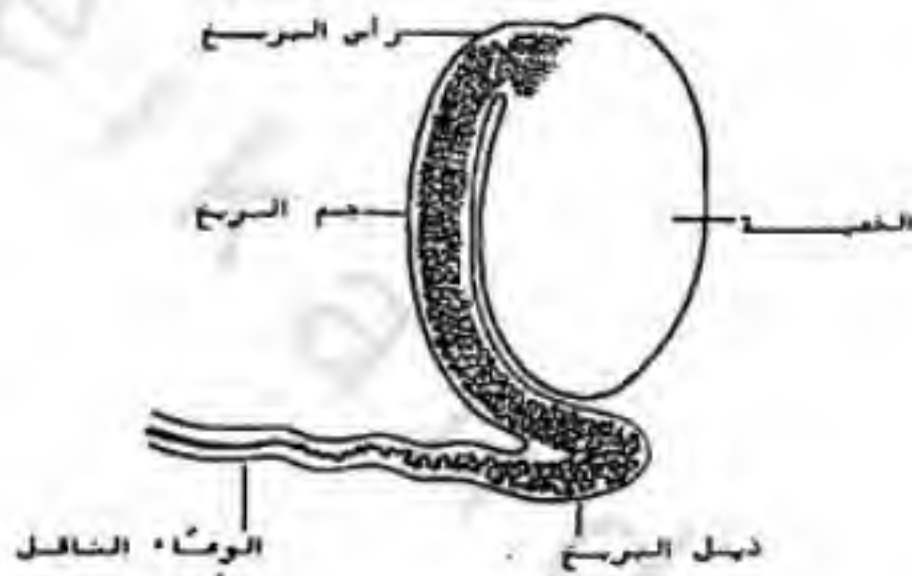
ويتم نضج الحيوانات المنوية في الرأس والجسم أما منطقة الذيل فهو يختزن فيه الحيوانات المنوية. ومن أهم التغيرات التركيبية التي تطرأ على الحيوانات المنوية أثناء وجودها في البربخ، هي أن النقطة الميتوكوندرية (وهي بقايا الميتوكوندريوم الذي ترك أثناء تحول الطلائع المنوية إلى حيوانات منوية داخل الخصية) تهاجر من علق الحيوان المنوي إلى الطرف البعيد من الجزء المتوسط وعند عملية القذف تكون هذه النقطة الميتوكوندرية قد اختفت تماماً، وقد لوحظ وجود هذه النقطة الميتوكوندرية في المنطقة الوسطى من الحيوان المنوي بعد القذف لفترات قصيرة وهذا دليل على عدم نضج الحيوان المنوي.

وقد وجد أن حيوية الحيوانات المنوية وقدرتها على الحركة تزداد كلما ابتعدت عن الرأس وجسم البربخ، وتكون درجة حيويتها في الذيل ضعف تلك الموجودة في الرأس والجسم، أما الحيوانات المنوية الموجودة في الخصية فهي عقيمة لا قدرة لها على التلقيح.

وقد نوه بعض الباحثين عن احتمال وجود بعض الإفرازات مصترها البربخ تكو أو تغطي الحيوانات المنوية فتحميها من أي مواد ضارة قد توجهها في المجرى التناسلي للأُنثى. ونتم المراحل النهائية للنضج الوظيفي للحيوان المنوي في داخل الجهاز التناسلي للأُنثى.

وتستقر الحيوانات المنوية بين قناة البيض ورحم الأُنثى في فترة تتراوح بين عدة دقائق إلى عدة ساعات حسب نوع الأُنثى وذلك حتى يصبح قادرا على الاتحاد بالبويضة ولقد سميت هذه الفترة بزيادة القدرة Capacitation period حيث تقرر قناة البيض والرحم إفرازات تؤثر على قدرة الحيوان المنوي وتنشيطه مما يجعله قادرا على إخصاب البويضة.

عند دخول الحيوانات المنوية إلى قناة البيض تزداد نشاطها حيث لها تمر بفترة زيادة القدرة للإفرازات المحتملة من قناة البيض والرحم والسهبل Vagina التي تحتوي على مواد تساعد على رفع المستوى الإخصابي للحيوان المنوي وتحافظ على حياة الحيوان المنوي.



شكل (٧-٨) رسم يوضح العلاقة بين الحفصة وأجزاء المبرسج . (من : Austin and Short 1967).